

УДК 621.91:536.2

Ю.Г. Кравченко, канд. техн. наук, Дніпро,
Н.В. Крюкова, Харків, Україна

КОНТАКТНА TEMПЕРАТУРА СТРУЖКИ ВІД ШВИДКОРУХОМОГО ДЖЕРЕЛА ТЕРТЯ З ЛЕЗОМ

Розраховані температурні поля і коефіцієнти форми швидкорухомих джерел теплоти тертя для основних трьох варіантів розподілу дотичних напружень. Знайдена заміна кусочно-безперервної функції розподілу напружень на адекватну квадратичну.

Ключові слова: напруження, розподіл, теплота, джерело, густина, температурне поле, функція, коефіцієнт

Рассчитаны температурные поля и коэффициенты формы быстродвижущихся источников теплоты трения для основных трех вариантов распределения касательных напряжений. Найдена замена кусочно-непрерывной функции распределения напряжений на адекватную квадратичную.

Ключевые слова: напряжение, распределение, теплота, источник, плотность, температурное поле, функция, коэффициент

Temperature fields and shape factors of high-speed sources of frictional heat are calculated for three basic variants of tangential stress distribution. The way in order to substitute piecewise continuous function of stress distribution with dequate quadratic function is found.

Keywords: stress, distribution, heat, source, density, temperature field, function, coefficient

Вступ

Контактна температура враховує інтегральне діяння сили і швидкості тертя через густину теплового джерела, є важливим оціночним показником і може мати критичну величину для заданих умов процесу різання.

При швидкорухомому джерелі (ШРД) теплоти швидкість руху джерела перевищує швидкість розповсюдження теплоти (теплота розповсюджується перпендикулярно напрямку руху джерела) [1, 2].

Для кожних умов різання з певним розподілом контактних напружень при розрахунку контактної температури необхідно мати математичний опис відповідного температурного поля і його середнього значення (коефіцієнта форми теплового джерела). Цій проблемі присвячені роботи [2-4], в яких недостатньо аргументовані розрахунки температурних полів від комбінованих функцій розподілу напружень на контактних поверхнях леза.

Мета роботи – визначення температурних полів ШРД теплоти тертя для основних епюр дотичних напружень між стружкою і лезом та їх середніх значень.

Робота направлена на спрощення інженерних розрахунків температури різання.

Постановка задачі

Основою для розрахунків температурних полів смугових ШРД теплоти служили формули [2,4]

$$\theta_{\text{сш}} = \frac{q_{\mu\gamma} \sqrt{\omega_3 \cdot l_\gamma}}{\lambda_3 \sqrt{\pi \cdot v_c}} \cdot F_\psi, \quad (1)$$

де λ_3 і ω_3 – коефіцієнти тепло- і температуропровідності; v_c – швидкість сходу стружки;

$$q_{\mu\gamma} = \frac{F_\gamma \cdot v_c}{l_\gamma \cdot b} = \tau_\gamma \cdot v_c - \quad (2)$$

густина теплового джерела (F_γ – дотична сила тертя, l_γ і b – довжина і ширина контакту стружки з лезом, τ_γ – середня величина напружень);

$$F_\psi = \int_0^\psi \frac{f(\psi_1)}{\sqrt{\psi - \psi_1}} d\psi_1 - \quad (3)$$

температурне поле по довжині контакту з функцією розподілу напружень $f(\psi)$ і безрозмірним параметром $\psi = x/l_\gamma$.

Рівень середньої температури визначається коефіцієнтом форми джерела теплоти

$$k_q = F_c = \int_0^1 F_\psi \cdot d\psi. \quad (4)$$

Розрахунки виконані для рівномірного, трикутного і рівномірно-трикутного варіантів розподілу контактних напружень на передній поверхні леза.

Розрахунки і аналіз результатів

Значення функцій розподілу $f(\psi)$, F_ψ (3) та коефіцієнта k_q (4) для трьох варіантів форм ШРД приведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Залежність функції F_ψ і коефіцієнта форми k_q від розподілу напружень $f(\psi)$

№	Розподіл напружень		Температурне поле ШРД				
	функція $f(\psi)$	значення τ_γ	формула F_ψ (3)			значення k_q (4)	
			значення F_ψ при ψ				
			0,25	0,5	0,75		1
1	const	1	$2\sqrt{\psi}$				1,33
			1	1,41	1,73	2	
2	$1-\psi$	0,5	$2\sqrt{\psi}(1-0,66\psi)$				0,8
			0,83	0,94	0,87	0,67	
3	$1, \quad 0<\psi<0,5$ $2(1-\psi), \quad 0,5<\psi<1$	0,75	$3,41\sqrt{\psi}(1-0,69\psi)$				1,33
			1,41	1,58	1,43	1,06	
3.1	$1,125(1-\psi^2)$	0,75	$2,25\sqrt{\psi}(1-0,53\psi^2)$				1,16
			1,09	1,38	1,37	1,06	
3.2	$1-\psi^3$	0,75	$2\sqrt{\psi}(1+0,2\psi^2-0,6\psi^3)$				1,18
			1,01	1,38	1,49	1,2	

Обчислення інтеграла F_ψ (3) виконувалось із застосуванням підстановки $\psi - \psi_1 = u$. Порівняльні дослідження адекватності формули F_ψ (3) показали, що вона не сприймає кусочно-безперервні функції.

Пряме інтегрування функції $F_\psi = \int_0^{0,5\psi} \frac{d\psi_1}{\sqrt{\psi - \psi_1}} + \int_{0,5\psi}^{\psi} \frac{2(1-\psi_1)}{\sqrt{\psi - \psi_1}} d\psi_1$ або функції з застосуванням відбитих джерел $F_\psi = \int_0^{\psi} \frac{d\psi_1}{\sqrt{\psi - \psi_1}} - \int_{0,5\psi}^{\psi} \frac{2\psi_1 - 1}{\sqrt{\psi - \psi_1}} d\psi_1$ дає однаковий результат і приводить до отримання нереальної форми температурного поля і завищеного коефіцієнта k_q .

Тому для комбінованої форми джерела поз. 3 рішення виконувалося в три етапи: обчислення площі епюри напружень $S = \int_0^1 f(\psi) d\psi$; знаходження

безперервної функції з $S = 0,75$; визначення температурного поля F_ψ для безперервної функції. При однаковій площі і близькій формі епюр поз. 3.1 і

3.2 мають більш реальне значення k_q . Для інженерних розрахунків температури $\theta_{сш}$ (1) прийнята приведена квадратична функція $f(\psi)$ поз. 3.1.

Функція F_ψ (3) поз. 1 має характер зростання з максимальним значенням в кінці l_γ . Для температурних полів поз. 2 і 3.1 характерно розташування максимальної температури при $\psi = 0,5 - 0,75$, що природньо знижує знеміцнення інструментального матеріалу та зношування леза біля різальної кромки.

По суті температурне поле ШРД є результатом одночасної дії питомого тиску (напруження) на елементарну ділянку довжини джерела і часу контакту (шляху) тертя.

При однакових технологічних умовах процесу різання рівень $\theta_{сш}$ (1) залежить від оброблюваності матеріалу заготовки через густину теплового джерела тертя $q_{\mu\gamma}$ (2) і коефіцієнт форми джерела k_q (4).

В підсумку контактна температура з прилезової поверхні стружки визначається по формулі [2, 5]

$$\theta = \theta_{sc} + \frac{k_q}{\lambda_3} \sqrt{\frac{\omega_3 \cdot l_\gamma}{\pi \cdot v_c}} (q_{\mu\gamma} - q_\gamma),$$

де θ_{sc} – температура стружки після деформації в площині зсуву [6], q_γ – густина поглинання теплового потоку в тіло леза за рахунок теплообміну між стружкою і лезом [5]. Остання визначається із розв’язання системи рівнянь контактних температур для передньої і задньої поверхонь леза на основі балансу теплообміну між заготовкою, лезом і стружкою [5, 7].

Висновки

1. Виконано розрахунки температурних полів і коефіцієнтів форми ШРД теплоти для основних трьох функцій розподілу дотичних напружень.
2. Обґрунтована заміна кусочно-безперервної функції розподілу напружень на безперервну квадратичну зі спаданням функцію.
3. Коефіцієнти форми джерела теплоти для трикутного, квадратичного і рівномірного розподілу напружень складають ряд 0,8 : 1,16 : 1,33.

Список використаних джерел: 1. Рыкалин Н.Н. Расчеты тепловых процессов при сварке. – М.: Машгиз, 1951. – 296 с. 2. Резников А.Н. Теплофизика резания. – М.: Машиностроение, 1969. – 288 с. 3. Силин С.С. Исследование процессов резания методами теории подобия. – Труды

Рыбинского вечерн. технол. ин-та, № 1. – Ярославль: Изд-во Верхняя Волга, 1966. – С. 5-54.

4. *Кравченко Ю.Г., Савченко Ю.В.* Визначення коефіцієнтів форми швидкорухомих джерел теплоти при різанні. – Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Зб. наук. праць. – Краматорськ: ДДМА, вип. 26, 2010. – С. 409-417.

5. *Резников А.Н.* Теплофизика процессов механической обработки материалов. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.

6. *Кравченко Ю.Г.* Визначення коефіцієнта розподілу теплоти деформації в площині зсуву і температури на поверхні різання. – Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2013. – Вып. 83. – С. 155-167.

7. *Кравченко Ю.Г.* Розвиток теоретичного визначення контактних температур при різанні. – Високі технології в машинобудуванні: Зб. наук. праць. – Харків, НТУ «ХПІ», 2013. – Вип. 1(23). – С. 80-83.

Bibliography (transliterated): 1. *Rykalin N.N.* Raschety teplovyh processov pri svarke. – M.: Mashgiz, 1951. – 296 s. 2. *Reznikov A.N.* Teplofizika rezanija. – M.: Mashinostroenie, 1969. – 288 s. 3. *Silin S.S.* Issledovanie processov rezanija metodami teorii podobija. – Trudy Rybinskogo vechern. tehnol. in-ta, № 1. – Jaroslavl': Izd-vo Verhnjaja Volga, 1966. – S. 5-54. 4. *Kravchenko Ju.G., Savchenko Ju.V.* Vznachennja koeficientiv formi shvidkoruhomih dzherel teploti pri rizanni. – Nadijnist' instrumentu ta optimizacija tehnologichnih sistem. Zb. nauk. prac'. – Kramators'k: DDMA, vip. 26, 2010. – S. 409-417. 5. *Reznikov A.N.* Teplofizika processov mehanicheskoy obrabotki materialov. – M.: Mashinostroenie, 1981. – 279 s. 6. *Kravchenko Ju.G.* Vznachennja koeficienta rozpodilu teploti deformacii v ploshhini zsuvu i temperaturi na poverhni rizannja. – Rezanie i instrument v tehnologicheskix sistemah: Mezhdunar. nauch.-tehn. sb. – Har'kov: NTU «HPI», 2013. – Vyp. 83. – S. 155-167. 7. *Kravchenko Ju.G.* Rozvitok teoretichnogo vznachennja kontaktnih temperatur pri rizanni. – Visoki tehnologii v mashinobuduvanni: Zb. nauk. prac'. – Harkiv, NTU «HPI», 2013. – Vip. 1(23). – S. 80-83.